



Offenlegungsschrift
(11) DE 3506995 A1

(51) Int. Cl. 4:
H01L 33/00

DE 3506995 A1

- (21) Aktenzeichen: P 35 06 995.3
(22) Anmeldetag: 27. 2. 85
(43) Offenlegungstag: 28. 8. 86

(71) Anmelder:

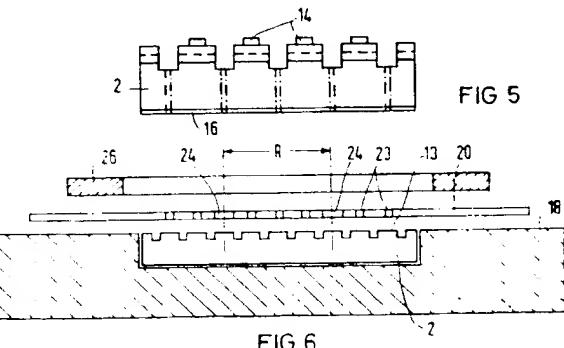
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

(72) Erfinder:

Gerschütz, Manfred, 8521 Heßdorf, DE; Eckstein, Paul; Lanig, Peter, 8520 Erlangen, DE

(54) Verfahren zum Herstellen von Blaulicht-LEDs und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens

Zum Herstellen von Blaulicht-LEDs aus Siliziumcarbid SiC ist ein scheibenförmiges Substrat (2) auf einer seiner Flachseiten mit zwei Epitaxieschichten (4, 6), die einen pn-Übergang (8) bilden, und einer Oxidschicht (10) versehen. Erfindungsgemäß wird auf der gleichen Flachseite durch Einsägen von Nuten (12) ein Raster von Planarbergen (13) gebildet, die Damage-Schicht in den Nuten (12) durch eine Gasätzung und anschließend die Oxidschicht (10) durch eine Nassätzung entfernt. Dann wird über dem durch das Einsägen gebildeten Raster von Planarbergen (13) eine Lochmaske (20) aus Tantal, die mit Justieröffnungen (24) versehen ist, denen jeweils einer der Planarberge (13) ein Justierpunkt zugeordnet ist, justiert und die Stirnflächen der übrigen Planarberge (13) werden jeweils mit einem Metallkontakt (14) versehen. Die gegenüberliegende Flachseite erhält einen sperrfreien Metallkontakt (16) und dann wird das Raster in Einzelemente aufgetrennt. Mit diesem Verfahren kann eine Vielzahl von Blaulicht-LEDs mit geringer Flußspannung in einfacher Weise gemeinsam hergestellt werden.



Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Blaulicht-LEDs (light emission diodes) mit einem Halbleiterkörper aus Siliziumkarbid SiC, der mit zwei Epitaxieschichten (4, 6) aus dem gleichen Material und mit entgegengesetzter Leitfähigkeit, die einen pn-Übergang bilden, sowie mit metallischen Elektroden (14, 16) versehen ist,
dadurch gekennzeichnet, daß die
freie Oberfläche der zweiten Epitaxieschicht (6) mit einer Oxidschicht (10) versehen wird und dann durch Einsägen von Nuten (12) ein Raster von Planarbergen (13) gebildet wird und daß dann die Damage-Schicht in den Nuten (12) durch eine Gasätzung entfernt und anschließend durch eine Naßätzung die Oxidschicht (10) entfernt wird und daß dann über dem Substrat (2) eine Lochmaske (20) aus einem nichtmagnetischen Material, die mit einem Raster von Öffnungen (23) und mehreren Justieröffnungen (24) versehen ist, derart justiert wird, daß den Justieröffnungen (24) jeweils einer der Planarberge (13) als Justierungspunkt zugeordnet ist, und daß dann die Stirnflächen der übrigen Planarberge (13) jeweils mit einem Metall-Kontakt (14) versehen werden und anschließend das Raster in Einzelemente aufgetrennt ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasätzung in einer Chlor Cl enthaltenden Atmosphäre erfolgt.

30

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine neben Chlor Cl noch Argon Ar und Sauerstoff O enthaltende Atmosphäre verwendet wird.

4. Anordnung zum gemeinsamen Herstellen einer Vielzahl von Blaulicht-LEDs mit einem Halbleiterkörper aus Sili-
ziumcarbid SiC, der mit zwei Epitaxieschichten, die
einen pn-Übergang bilden, und mit metallischen Elektro-
den (14, 16) versehen ist, gekennzeichnet durch eine Halterung (18) aus ferromagnetischem Material, die mit einer Ausnehmung zur Aufnahme
eines scheibenförmigen Substrats (2), das an einer
Flachseite mit zwei Epitaxieschichten (4, 6) versehen
ist, die durch Einsägen in ein Raster von Planarbergen
(13) aufgetrennt sind, denen eine Lochmaske (20) aus
Tantal zugeordnet ist, die mit dem gleichen Raster von
Löchern (23) versehen ist und die mehrere Justieröff-
nungen (24) enthält, denen jeweils ein entsprechender,
als Justierpunkt dienender Planarberg (13) zugeordnet
ist, und daß konzentrisch zum Substrat (2) und oberhalb
der Lochmaske (20) ein Magnetring (26) angeordnet ist.

5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch
gekennzeichnet, daß runde Justieröff-
nungen (24) vorgesehen sind, deren Durchmesser wenigstens so groß ist, wie die Diagonale der Stirnflächen
der Planarberge (13).

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 85 P 3073 DE

5 Verfahren zum Herstellen von Blaulicht-LEDs und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen von Blaulicht-LEDs (light emission diodes) mit einem Halbleiterkörper aus Siliziumcarbid SiC, der mit zwei Epitaxieschichten aus dem gleichen Material und entgegengesetzter Leitfähigkeit, die einen pn-Übergang bilden, sowie mit metallischen Elektroden versehen ist.

15 Während der Herstellung von LEDs auf der Basis von Galliumarsenid GaAs und Galliumphosphid GaP werden bekanntlich naßchemische Ätzvorgänge angewendet, beispielsweise bei der Reinigung der Substrate und zum Entfernen von Damage-Schichten. Bei Blaulicht-LEDs aus 20 Siliziumcarbid SiC kann jedoch ein naßchemisches Ätzverfahren zum Entfernen von Damage-Schichten nicht angewendet werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein besonders einfaches Herstellungsverfahren für Blaulicht-LEDs aus Siliziumcarbid und eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, mit dem man Bauelemente mit sehr geringer Flußspannung erhält.

30 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1. Nach dem Sägen der Nuten wird die Damage-Schicht des Grundkörpers durch die Gasätzung entfernt, wobei die Oxidschicht als Maske dient, so daß nur das in der eingesägten Nut 35 offengelegte Siliziumcarbid angegriffen und dessen Damage-Schicht entfernt wird. Anschließend wird die

Kin 2 Koe / 11.02.1985

Oxidschicht durch eine an sich bekannte Naßätzung mit einem flüssigen Ätzmittel entfernt und es folgt die Justierung einer Lochmaske zum Herstellen der Elektroden auf der Vielzahl von Stirnflächen, die durch das
5 Einsägen entstanden sind. An der gegenüberliegenden Flachseite wird der Grundkörper im allgemeinen mit einer gemeinsamen sperrfreien Elektrode versehen, die dann nach der Auf trennung den einzelnen Bauelementen zugeordnet wird. Damit erhält man Blaulicht-LEDs, deren
10 Flußspannung bei 50 mA im allgemeinen kleiner als 4 V und deren Durchbruchspannung größer als 20 V ist.

Die Gasätzung erfolgt vorzugsweise in einer Chlor enthaltenden Atmosphäre, der zweckmäßig noch Argon und
15 Sauerstoff zugesetzt werden können.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in deren Figuren 1 bis 5 die Verfahrensschritte nach der Erfindung schematisch veranschaulicht sind. Die Justierung ist anhand der Figur
20 6 erläutert.

Nach Figur 1 ist ein scheibenförmiges Substrat 2 aus Siliziumcarbid SiC mit einem Durchmesser von beispielsweise etwa $D = 15$ mm an seiner oberen Flachseite mit einer ersten Epitaxieschicht 4 versehen, die in Verbindung mit einem beispielsweise p-leitenden Substrat 2 ebenfalls p-leitend sein kann. Auf der ersten Epitaxieschicht 4 läßt man eine weitere n-leitende Epitaxieschicht 6 aus Siliziumcarbid aufwachsen, so daß ein
30 pn-Übergang 8 gebildet wird, der in der Figur gestrichelt angedeutet ist.

Das Substrat 2 wird dann auf seine gewünschte Dicke ge-

- Reinigung nach Figur 2 mit einer Oxidschicht 10 versehen, die vorzugsweise aus Siliziumdioxid SiO_2 oder aus Siliziumoxid SiO bestehen und beispielsweise etwa 250 nm dick sein kann. Zu diesem Zweck werden mehrere
- 5 Substrate 2 in einem Quarzrohr bei einer Temperatur von beispielsweise etwa 1070°C längere Zeit, beispielsweise etwa 6 h, in einer feuchten Sauerstoffatmosphäre oxidiert, die beispielsweise dadurch hergestellt werden kann, daß etwa 60 l/h Sauerstoff O_2 über Wasser mit
- 10 einer Temperatur von beispielsweise etwa 90°C geleitet werden. Eine ausreichende Dicke der Oxidschicht 10 ist erforderlich, damit sie als Maske für eine Gasätzung geeignet ist.
- 15 Das so vorbereitete Substrat 2 wird nach Figur 3 an seiner oberen Flachseite mit parallel zueinander verlaufenden Nuten 12 mit einer Breite von beispielsweise etwa $B = 100 \mu\text{m}$ und einem Abstand von beispielsweise etwa $A = 300 \mu\text{m}$ und senkrecht dazu verlaufenden und in
- 20 der Figur nicht dargestellten Nuten versehen, so daß an der oberen Flachseite des Substrats 2 ein Raster von Planarbergen 13 mit einem Rastermaß r von etwa 400 μm entsteht. Mit einer Gesamtdicke der beiden Epitaxieschichten 4 und 6 von beispielsweise etwa 10 bis 30 μm
- 25 wird die Tiefe der Nuten 12 beispielsweise etwa $T = 40 \mu\text{m}$ gewählt. Die Nuten 12 können vorzugsweise eingesägt werden. Zu diesem Zweck wird das Substrat 2 auf einen in der Figur nicht dargestellten Folienspannring aufgeklebt. Das Einsägen erfolgt dann vorzugsweise mit
- 30 einer Diamantsäge mit verhältnismäßig großer Umlaufgeschwindigkeit, die eine Schnittbreite von etwa 90 bis 100 μm ergibt.

Nach einer erneuten Reinigung werden die Damage-Schichten in den Nuten 12 durch eine Gasätzung entfernt, die

vorzugsweise Chlor enthalten kann. Unter Umständen kann es zweckmäßig sein, ein Gasgemisch aus Chlor zu verwenden, dem noch Argon und Sauerstoff zugesetzt sind. Dieses Gemisch kann beispielsweise aus einem Gasstrom bestehen, der 6,6 l/h Chlor und 21,5 l/h Argon sowie 1,8 l/h Sauerstoff enthält. Die Ätzung erfolgt dann vorzugsweise bei erhöhter Temperatur von beispielsweise etwa 1050°C und einer Dauer von beispielsweise etwa 15 min. Bei einem Ätzabtrag von etwa 2 µm/min ergibt dies einen Ätzabtrag von beispielsweise etwa 25 bis 30 µm.

Da die Oxidschicht 10 als Maske dient, wird nur das in der eingesägten Nut 12 freigelegte Siliziumcarbid angegriffen und dessen Damage-Schicht entfernt. Dieses Verfahrensmerkmal beruht auf der Erkenntnis, daß die Oberflächenbereiche innerhalb der Nuten 12, an denen jeweils der pn-Übergang 8 an die Oberfläche tritt, störungsfrei sein müssen.

Die Oxidschicht 10 wird nach Figur 4 entfernt durch eine Naßätzung, die beispielsweise aus Flußsäure bestehen und zweckmäßig noch Zusätze enthalten kann.

Die freien Stirnflächen der Planarberge 13 der herzustellenden Bauelemente an der oberen Flachseite werden anschließend mit metallischen Kontakten 14 versehen, die vorzugsweise aus Mehrschicht-Metallkontakten in Dünnfilmtechnik, insbesondere aus einer aufgedampften Schicht von Nickel Ni mit einer Dicke von beispielsweise etwa 200 nm sowie einer aufgedampften Schicht von Gold Au mit einer Dicke etwa 500 nm bestehen können. Das Aufbringen, vorzugsweise Aufdampfen, erfolgt mit Hilfe einer Lochmaske, deren Rastermaß r durch den Abstand A der Nuten 12 und deren Durchmesser

(durch die Abstände der zu kontaktierenden Elektroden 14)

-5- VPA 85 P 3073 DE

bereitete Substrat 2 nach Figur 4 so justiert, daß die Elektroden jeweils auf die Stirnflächen der Planarberge 13 der verbliebenen Teile der Epitaxieschicht 6 aufge-
5 bracht, vorzugsweise aufgedampft oder auch aufgesput-
tert, werden.

Zu diesem Zweck kann beispielsweise die untere Flach-
seite durch Bedampfen mit Aluminium bei einem Druck
10 von höchstens etwa $5 \cdot 10^{-6}$ mbar kontaktiert werden, so
daß eine Aluminiumelektrode 16 mit einer Dicke von bei-
spielsweise etwa 100 nm entsteht. Zu diesem Zweck kann
die gesamte untere Flachseite mit einer gemeinsamen Elek-
trode 16 versehen werden, vorzugsweise wird jedoch eben-
falls eine Lochmaske verwendet und die Elektroden 16 wer-
den mit einem Rastermaß aufgedampft, das durch die Brei-
ten und Abstände der Nuten 12 bestimmt wird.

Anschließend können die so vorbereiteten Substrate 2
20 zweckmäßig noch getempert werden, beispielsweise in einem
Quarzrohr mit den Elektroden 14 nach oben im Hochvakuum
bei einer Temperatur von 900°C etwa 50 min oder bei einer
Temperatur von 940°C während etwa 10 min. Um Spannungen,
die zum Abspringen der Elektroden 14 führen können, zu
25 vermeiden, können die Substrate 2 vorzugsweise verhält-
nismäßig langsam abgekühlt und erst nach dem Abkühlen auf
Raumtemperatur dem Ofen entnommen werden. Im Anschluß
daran werden zunächst die Rückseiten gesputtert, um die
aufgedampften Aluminiumpunkte vom Oxid zu befreien, und
30 dann werden die Aluminiumpunkte mit einer weiteren
Schicht versehen, die vorzugsweise aus Titan mit einer
Dicke von beispielsweise 100 nm bestehen kann. Auf die
Titanschicht wird zweckmäßig noch eine Schicht aus Gold
mit einer Dicke von beispielsweise etwa 200 nm aufgetra-
35 gen, vorzugsweise aufgesputtert.

Das Auftrennen der Scheibe des Substrats 2 in Einzeldioden erfolgt zweckmäßig wieder durch eine Diamantsäge mit geringerer Schnittbreite von beispielsweise höchstens 50 µm, vorzugsweise etwa 40 µm, wie es in 5 Figur 5 strichpunktiert angedeutet ist. Dazu können die mit Elektroden versehenen Substrate 2 vorzugsweise auf einem Folienspannring aufgeklebt werden. Zu diesem Zweck wird das Substrat 2 nach Figur 5 in bezug auf die 10 Säge so justiert, daß der neue dünne Sägeschnitt in der Nut 12 derart geführt werden kann, daß der an den Seitenkanten der Nut 12 austretende pn-Übergang 8 mechanisch nicht beschädigt werden kann.

Zur Justierung vor dem Herstellen der Kontakte 14 kann 15 eine besonders vorteilhafte Ausführungsform einer Vorrichtung nach Figur 4 verwendet werden. Das vorbereitete Substrat 2 wird in eine Halterung 18 eingesetzt, die zweckmäßig aus ferromagnetischem Material bestehen kann. Das Substrat 2 ist in einer nicht näher bezeichneten Ausnehmung der Halterung 18 eingesetzt, deren Tiefe der Dicke des Substrats 2 entspricht und bei- 20 spielsweise etwa 300 µm betragen kann. Oberhalb des Substrats 2 ist eine Lochmaske 20 mit einer Dicke von beispielsweise etwa 40 bis 80 µm, vorzugsweise etwa 25 60 µm angeordnet, die aus nichtmagnetischem Metall, vorzugsweise Tantal oder auch Nickel, besteht. Diese Lochmaske 20 ist mit einem Raster von Löchern 23 versehen, deren Durchmesser den Durchmesser der Kontakte 14 bestimmt und deren Abstand durch das Rastermaß der 30 herzustellenden einzelnen Bauelemente bestimmt wird. Die Lochmaske 20 ist ferner mit mehreren Justieröffnungen 24 versehen, mit deren Hilfe die Lochmaske 20 derart über dem Substrat 2 justiert wird, daß sich jeweils eines ihrer Löcher 23 etwa in der Mitte über ei-

dienen vorbestimmte Stirnflächen 13, von denen jeweils eine einer der Justieröffnungen 24 zugeordnet ist, als Justierpunkte. Es können beispielsweise vier Justieröffnungen 24 vorgesehen sein, die ein Quadrat mit einer 5 Seitenlänge von beispielsweise $R=1500 \mu\text{m}$ bilden, vorzugsweise runde Justieröffnungen 24 verwendet werden, deren Durchmesser wenigstens so groß ist wie die Diagonale der Stirnflächen 13, insbesondere kann der Durchmesser etwas größer sein. Ein Magnetring 26 aus einem 10 bis etwa 300°C temperaturbeständigen magnetischem Material dient zur Befestigung der Lochmaske 20 in der erforderlichen Lage mit jeweils einem ihrer Löcher 23 über einer der Stirnflächen 13. Das Feld des Magnetringes 26 ist so bemessen, daß er zwar im Zusammenwirken mit der Halterung 18 die Lochmaske 20 in ihrer Lage fixiert, es ist jedoch noch eine Verschiebung von Hand 15 in der Ebene der Stirnflächen 13 möglich, wenn ihre Lage unter dem Mikroskop mit Hilfe der Justieröffnungen 24 ermittelt wird.

20

Im Ausführungsbeispiel wurde zur Erläuterung des Verfahrens die Herstellung von Blaulicht-LEDs in Planartechnik gewählt. Das Verfahren kann jedoch auch beim Herstellen von LEDs in Mesatechnik sowie beim Herstellen 25 von TS-Dioden (transparent substrate) angewendet werden.

Für die Herstellung von Mesadioden werden die vorbereiteten Substrate mit ihren Epitaxieschichten zunächst oxidiert. Anschließend werden die Scheiben mit Photolack beschichtet und getrocknet. Nach Belichtung und Entwicklung wird die Lackstruktur nachgehärtet. Die Ätzung der Oxidschicht erfolgt mit einer gepufferten HF-Lösung. Das durch den Photolack abgedeckte Oxid dient bei der anschließenden Gasätzung wieder als 30 Maske. 35

Mit durchsichtigen Substraten erhält man blaue TS-LEDs.

Die durchsichtigen Substrate mit hoher Reinheit und damit hohem spezifischen Widerstand und entsprechend hohem Bahnwiderstand erfordern eine eigene Technologie.

- 5 Um den Bahnwiderstand niedrig zu halten, werden sowohl der gleichrichtende als auch der sperrfreie Kontakt auf der Vorderseite angebracht. Dazu werden die Scheiben zunächst oxidiert. Bei der Gasätzung wird das Siliziumkarbid so angeätzt, daß einerseits der pn-Übergang freigelegt wird, andererseits aber die an das Substrat angrenzende erste Epitaxieschicht, die einen kleineren spezifischen Widerstand als das Substrat aufweist, nur soweit abgetragen wird, daß man einen kleinen Bahnwiderstand erhält.
- 10

15

5 Patentansprüche

6 Figuren

Nummer:

Int. Cl. 4:

Anmeldetag:

Offenlegungstag:

35 06 995

H 01 L 33/00

27. Februar 1985

28. August 1986

1/1

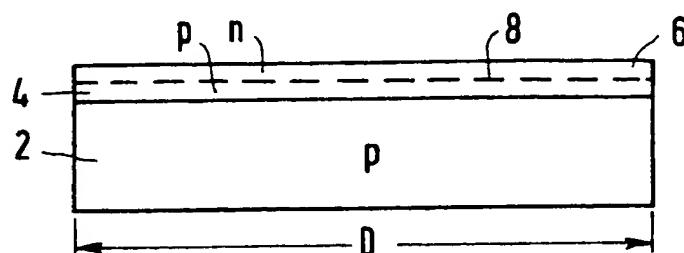


FIG 1

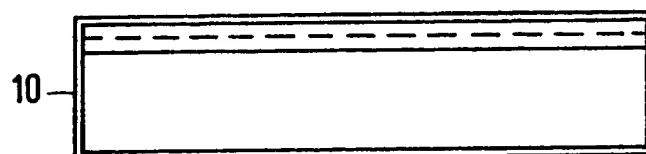


FIG 2

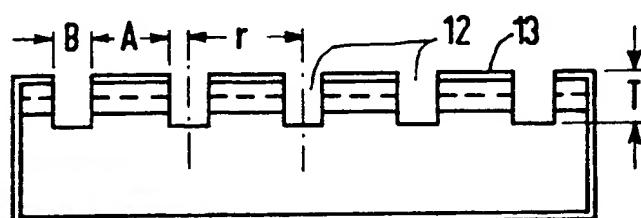


FIG 3

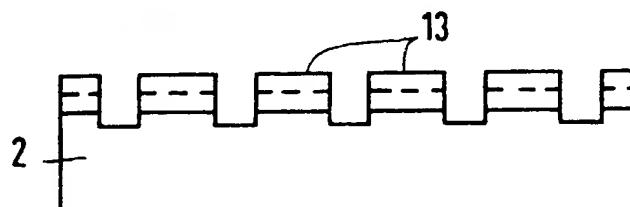


FIG 4

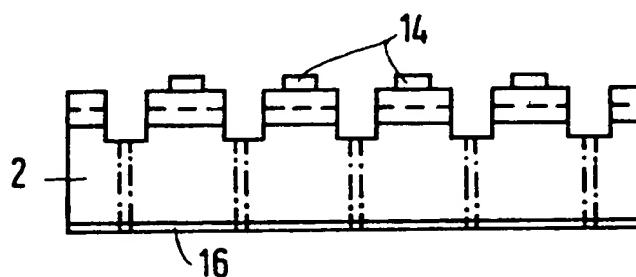


FIG 5

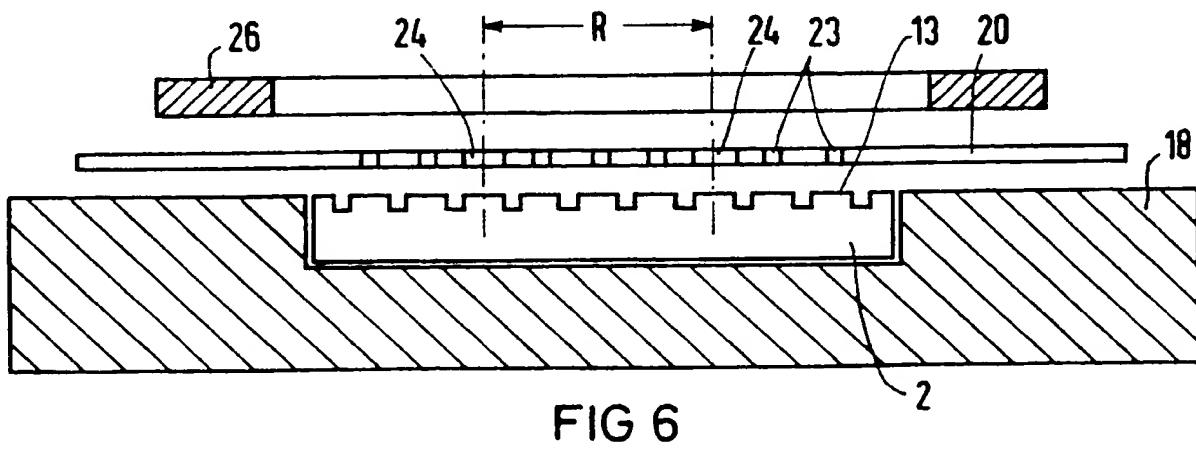


FIG 6